

## PENGARUH KEPADATAN DAN KADAR AIR TERHADAP HAMBATAN PENETRASI SONDIR PADA TANAH PASIR (Studi kasus: Pasir Sungai Palu)

Benyamin Bontong\*

### *Abstract*

*The DCPT penetration resistance on each type of soil has a specific characteristic. The aim of this research is to experimentally study of DCPT penetration resistance ( $q_c$  and  $R_f$ ) of sand for several water content ( $w$ ) and dry density ( $\rho_d$ ) variation, and comparison with the same parameter of silt. The sample of sand taken from Palu-1's bridge upstream. Test result showed that the variation of "w" have no significant influence for  $q_c$  and  $R_f$ . The higher the  $\rho_d$  the higher the  $q_c$  and  $R_f$ . The specific relation of  $q_c$ ,  $R_f$ ,  $w$  and  $\rho_d$  of sand in comparison with silt by using charts are very clear and useful to interpret the soil type.*

**Keyword:** Cone resistance, friction ratio, density, water content

### 1. Pendahuluan

Investigasi karakteristik teknis tanah merupakan satu tahapan yang mutlak harus dilakukan pada suatu proyek perencanaan bangunan sipil, khususnya pada proyek-proyek berskala besar. Untuk mendapatkan hasil desain yang aman dan ekonomis, dibutuhkan data hasil penyelidikan yang teliti dan mencakup keseluruhan aspek. Hasil yang lengkap dapat diperoleh dengan menggunakan beberapa kombinasi pengujian antara lain uji penetrasi sondir, pemboran untuk mengetahui struktur jenis lapisan tanah, uji SPT, uji geser baling-baling di lapangan dan uji parameter tanah di laboratorium. Penyelidikan yang lengkap memerlukan waktu yang relatif lama dan biaya yang besar. Penyelidikan tanah dengan alat sondir relatif murah dan sangat cepat untuk menjangkau kedalaman yang cukup besar (sampai kedalaman 20 bahkan 30 meter), dibandingkan dengan penyelidikan lain, tetapi hasilnya tidak memberikan informasi jenis lapisan tanah. Namun demikian, dengan mengetahui hubungan antara kepadatan, kadar air dan hambatan penetrasi sondir, dapat diprediksi jenis lapisan tanah pada setiap kedalaman tertentu yang dijangkau.

### 2. Tinjauan Pustaka

Penyelidikan tanah dengan metode penetrasi sondir (CPT), memiliki kelebihan tersendiri dibandingkan dengan metode lain karena

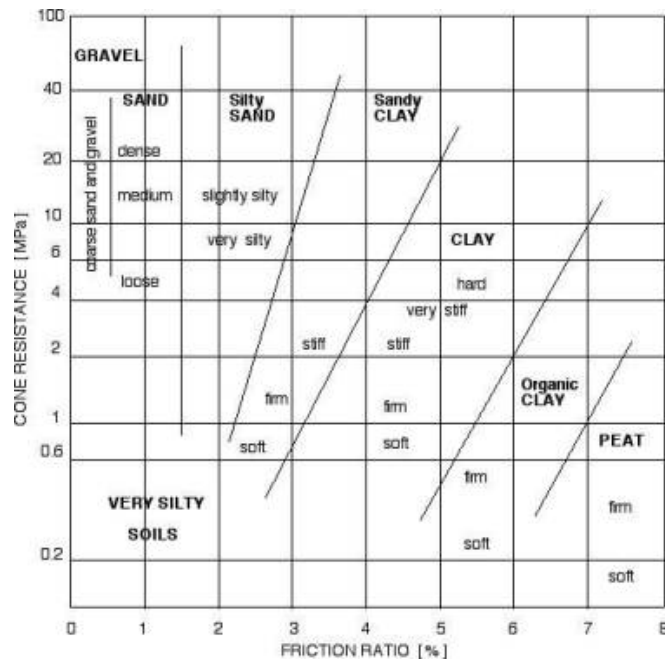
dapat menampilkan data hasil pengujian secara kontinu mulai dari permukaan tanah sampai pada kedalaman yang dapat dijangkau. Misalnya pengujian dengan alat SPT, data yang dihasilkan hanyalah data uji pada setiap interval tertentu yang biasanya setiap 1,5 atau 2 meter. Data yang didapatkan dengan menggunakan alat sondir meliputi nilai hambatan konus  $q_c$ , nilai hambatan friksi  $f_s$  dan rasio friksi  $F_r$  dimana  $F_r = f_s/q_c$  dinyatakan dalam %.

Produk yang dihasilkan dengan alat sondir ini tidak memberikan gambaran secara langsung tentang jenis maupun struktur lapisan tanah. Namun demikian, dengan mempelajari hubungan antara nilai-nilai  $q_c$ ,  $f_s$  dan  $F_r$  untuk berbagai kondisi kepadatan dan kadar air, dapat diketahui adanya hubungan yang unik dari masing-masing jenis tanah tersebut dengan parameter hasil uji. Brouwer (2002) menyatakan bahwa beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang hubungan antara  $q_c$  dengan  $F_r$  pada berbagai jenis tanah. Salah satu diantara hasil penelitian tersebut dilaporkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 1.

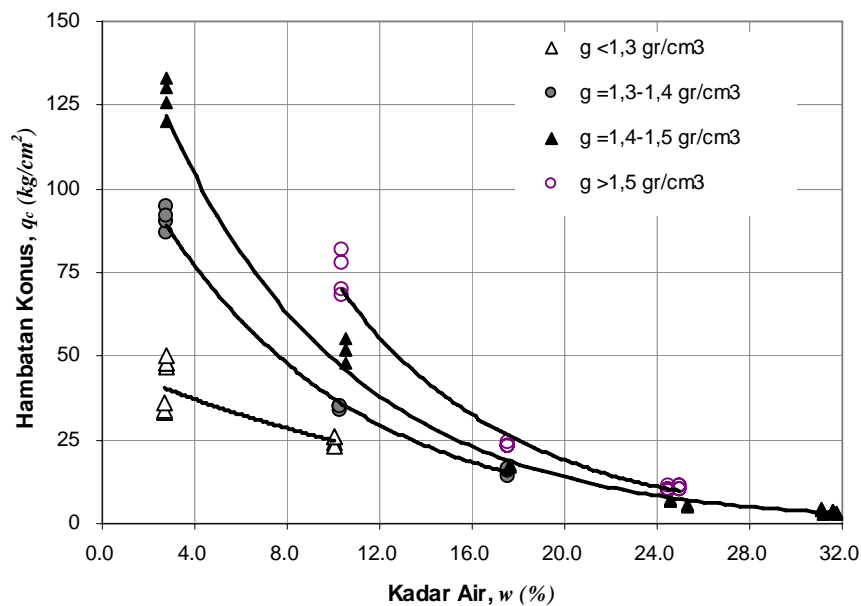
Bontong (2009) telah melakukan penelitian dengan uji CPT pada tanah lanau, yang hasilnya menampilkan hubungan antara hambatan konus dan rasio friksi pada beberapa kondisi kepadatan dan kadar air tanah. Hasil penelitian tersebut dipresentasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2.

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu



Gambar 1. Grafik Hubungan antara  $q_c$  dan  $F_r$  pada Beberapa Jenis Tanah (Brouwer, 2002 )



Gambar 2. Grafik hubungan kadar air “ $w$ ” vs  $q_c$  pada tanah lanau.  
(Bontong, B., 2007)

Pada gambar 2, belum kelihatan adanya keunikan khusus yang dimiliki oleh tanah lanau. Keunikan

baru akan terlihat apabila hasil tersebut disandingkan dengan hasil penelitian pada tanah

jenis lain untuk parameter yang sama. Penelitian ini hendak dilakukan pada tanah pasir sehingga hasil yang diharapkan pada akhir penelitian ini ada dua jenis tanah dapat dibandingkan satu dengan yang lain.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Bahan penelitian

Bahan penelitian adalah tanah pasir yang diambil di sungai Palu, sebelah hulu jembatan Palu 1. Adapun sifat fisik bahan penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik Bahan penelitian

Parameter	Nilai
Atterberg limits	Non plastis
Berat spesifik, $G_s$	2,62
Fraksi kerikil ( <i>tertahan #4</i> )	1,5 %
Fraksi butiran halus ( <i>lolos # 200</i> )	0,44 %
Simbol Klasifikasi USCS	SP
Kadar air optimum $w_{opt}$	8,50 %

#### 3.2 Perlakuan kadar air

Perlakuan variasi kadar air untuk pengujian dipilih 1,4 %, 4,7%, 8,5%, 11,4% dan 15,3 %. Rentang kadar air diambil cukup lebar supaya pengaruh perubahannya diharapkan lebih nyata.

#### 3.3 Perlakuan kepadatan

Contoh tanah dipadatkan dalam satu cetakan berbentuk kotak yang terbuat dari beton ber dinding tebal. Kotak dibuat dengan ukuran panjang dan lebar masing-masing 40cm dan tinggi 72 cm. Ukuran dipilih sedemikian rupa sehingga pengaruh faktor skala diminimalkan. Menurut Brouwer (2002), uji penetrasi konus dapat dipandang sebagai tiang skala kecil. Untuk suatu tiang, diameter pengaruh keruntuhan mencapai kira-kira 8 kali diameter. Diameter konus yang digunakan adalah  $D_c = 3,57$  cm. Jadi Diameter pengaruh adalah  $8D_c = 28.6$  cm. Diambil ukuran kotak pemadatan = 40 cm > 8  $D_c$ .. Kepadatan dibuat dalam 4 variasi.

#### 3.4 Alat uji penelitian

Alat uji yang digunakan adalah sondir ( $DCPT$ ), dengan alat penetrasi tipe bikonus dan mengacu pada standar rujukan SNI 03-2827-1992. Spesifikasi alat sebagai berikut:

- Bikonus dengan tinggi mantel 133,5 mm
- Luas mantel 150 cm<sup>2</sup>
- Luas penampang konus 10,0 cm<sup>2</sup>
- Sudut puncak konus 60°

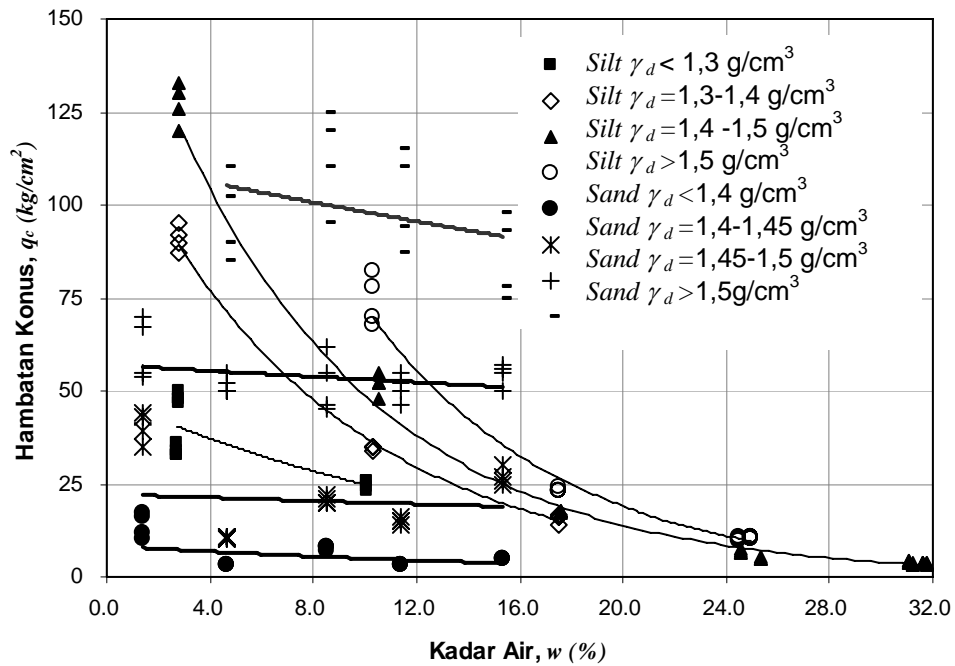
### 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian penetrasi sondir pada beberapa kondisi kepadatan dan kadar air untuk tanah pasir dan lanau diperlihatkan dalam satu grafik sehingga dapat dilihat dengan jelas hubungan yang spesifik antara parameter yang diukur dengan masing-masing jenis tanah. Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara kadar air  $w$  dengan hambatan konus.  $q_c$  untuk beberapa variasi tingkat kepadatan ( $\gamma$ ) tanah lanau dan pasir.

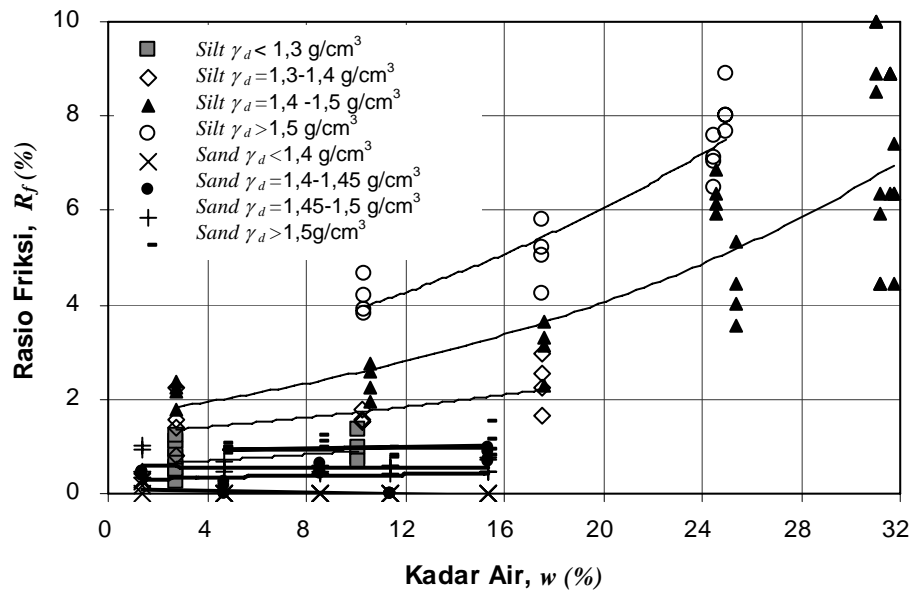
Gambar 3 menunjukkan bahwa untuk lanau (*silt*) pada saat kadar air menuju ke arah kiri (posisi semakin kering), maka semakin meningkat kepadatan kering tanah, semakin tajam peningkatan hambatan konus (gradien kurva  $q_c$ - $w$  semakin curam). Sebaliknya, pada saat kadar air menuju ke posisi semakin tinggi, maka penningkatan kepadatan kering tidak banyak pengaruhnya terhadap peningkatan hambatan konus. Sedangkan untuk pasir, perubahan kadar air dapat dikatakan tidak berpengaruh pada nilai hambatan konus kecuali pada kepadatan yang cukup tinggi ( $\gamma \geq 1,5$  gr/cm<sup>3</sup>).

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara kadar air dengan rasio friksi, untuk beberapa variasi rentang kepadatan kering. Gambar ini menunjukkan bahwa untuk tanah lanau (*silt*) semakin tinggi kadar air, semakin meningkat rasio friksi untuk setiap rentang kepadatan kering. Peningkatan ratio friksi semakin tajam pada saat kepadatan kering semakin bertambah (Gradien kurva  $R_f$ - $w$  makin curam). Sedangkan untuk tanah pasir, peningkatan kadar air secara praktis dapat dikatakan tidak mempengaruhi rasio friksi. Demikian pula dengan variasi kepadatan, hanya sedikit pengaruhnya terhadap rasio friksi, dibandingkan dengan pada tanah lanau.

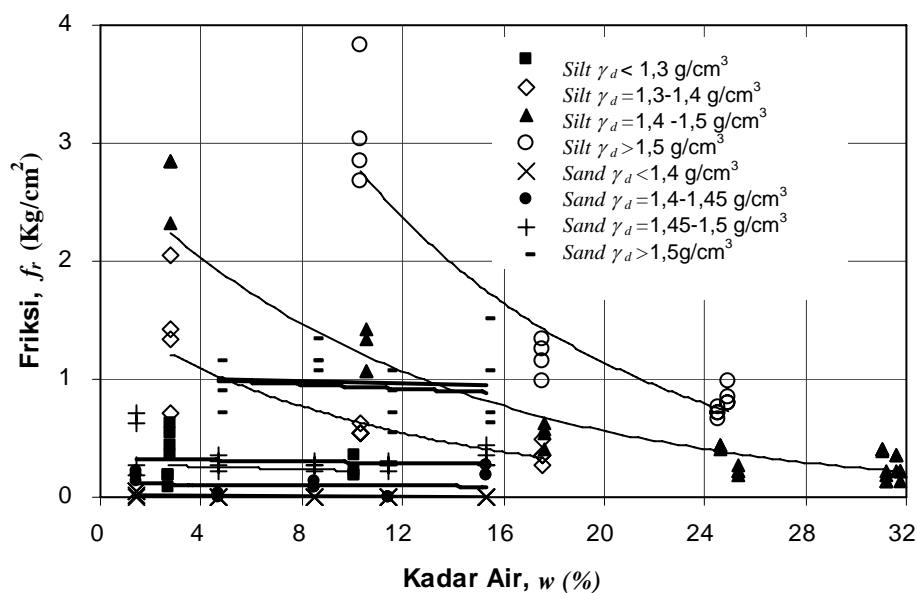
Pada Gambar 5, diperlihatkan grafik hubungan antara kadar air  $w$  dengan friksi  $f_r$ , untuk beberapa variasi rentang kepadatan kering. Gambar ini menunjukkan bahwa untuk tanah lanau (*silt*) semakin rendah kadar air, semakin meningkat nilai friksi untuk setiap rentang kepadatan kering. Peningkatan nilai friksi semakin tajam pada saat kepadatan kering semakin bertambah.



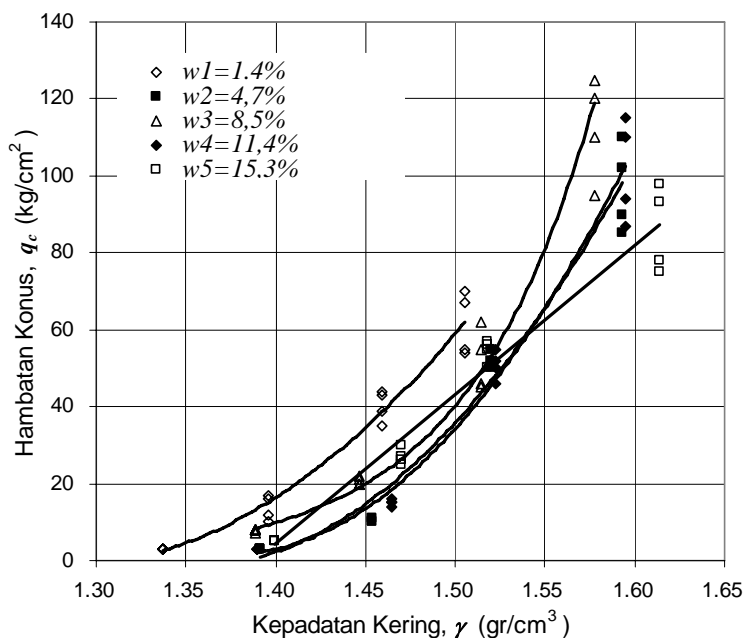
Gambar 3. Grafik hubungan kadar air “w” dengan  $q_c$  padan tanah lanau dan pasir. Sumber : Untuk silt (Bontong, 2009)



Gambar 4. Grafik hubungan antara w dengan  $R_f$   
Sumber : Untuk silt (Bontong, 2009)



Gambar 5. Grafik hubungan antara  $w$  dengan  $f_r$   
Sumber : Untuk silt (Bontong, 2009)



Gambar 6. Grafik hubungan antara  $\gamma_d$  dengan  $q_c$  tanah pasir

Sedangkan untuk tanah pasir, perubahan kadar air secara praktis dapat dikatakan tidak

mempengaruhi nilai friksi. Tetapi semakin tinggi kepadatan, semakin besar friksi.

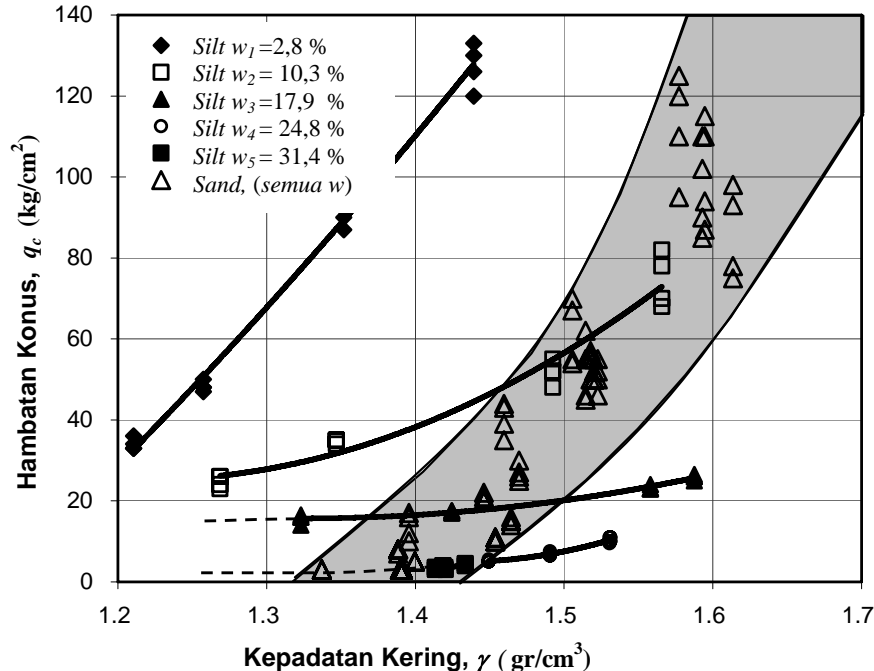
Gambar 6 di atas menunjukkan grafik hubungan antara kepadatan kering  $\gamma_d$  dengan hambatan konus  $q_c$  untuk tanah pasir. Pada gambar tersebut tidak terdapat batasan yang jelas tentang rentang data untuk setiap kadar air. Data yang satu dengan yang lain saling memotong (*overlap*). Jadi dapat disimpulkan bahwa tidak ada pengaruh kadar air yang nyata terhadap hubungan kepadatan dengan hambatan konus. Tetapi sangat jelas dari grafik bahwa semakin tinggi kepadatan kering, semakin besar hambatan konus.

Gambar 7 menunjukkan grafik hubungan antara kepadatan kering  $\gamma_d$  dengan hambatan konus  $q_c$  untuk pasir dan lanau. Gambar ini menunjukkan bahwa untuk lanau (*silt*) pada kadar air yang tinggi ( $w \geq 17,9\%$ ), nilai konus sangat rendah (umumnya kurang dari 20 kg/cm<sup>2</sup>) dan tidak banyak dipengaruhi oleh kenaikan kepadatan kering, tetapi pada kadar air rendah, semakin meningkat kepadatan kering semakin tinggi hambatan konus.

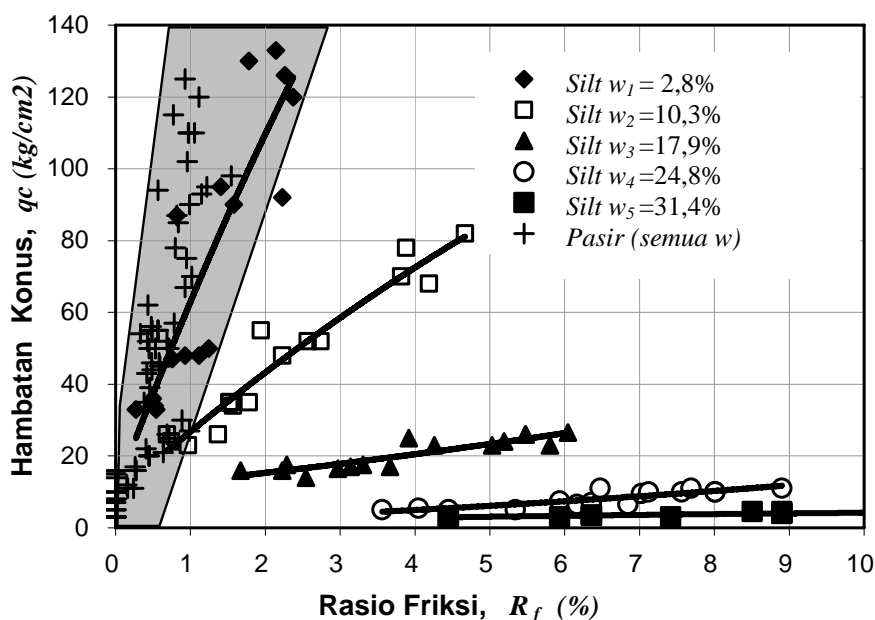
Untuk pasir, pengaruh kepadatan kering terhadap hambatan konus berada pada satu amplop

sebaran data yaitu daerah yang diarsir warna abu-abu pada gambar 7, untuk semua kadar air yang ditinjau. Jadi dari gambar 7 ini, dengan jelas dapat dibedakan antara tanah pasir dengan tanah lanau.

Pada Gambar 8 diperlihatkan grafik hubungan antara rasio friksi dengan hambatan konus  $q_c$  untuk pasir dan lanau. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa untuk pasir, pada semua kadar air yang ditinjau, hubungan antara rasio friksi dengan hambatan konus berada pada amplop sebaran data yang ditandai dengan arsiran abu-abu pada gambar. Sedangkan untuk lanau, sewaktu kadar air tinggi (misalnya  $w > 24\%$ ), pada saat rasio friksi meningkat tajam, ternyata hambatan konus hampir tidak mengalami perubahan. Pada kadar air rendah, terjadi kondisi sebaliknya. Dari gambar 8 ini dengan jelas dapat dilihat secara spesifik daerah yang menunjukkan jenis masing-masing tanah apakah pasir ataukah lanau. Kecuali pada kadar air rendah hubungan antara rasio friksi dengan hambatan konus untuk lanau dan pasir berada pada daerah yang sama.



Gambar 7. Grafik hubungan hambatan konus  $q_c$  vs. kepadatan kering  $\gamma_d$   
 Sumber : Untuk silt (Bontong, 2009)



Gambar 8. Grafik hubungan antara  $q_c$  dengan  $f_r$   
Sumber : Untuk silt (Bontong, 2009)

Kecuali pada kadar air rendah hubungan antara rasio friksi dengan hambatan konus untuk lanau dan pasir berada pada daerah yang sama. Untuk dapat membedakan keduanya, perlu dikombinasikan dengan data lain misalnya data hubungan antara  $w$  dengan  $f_r$  pada gambar 5.

## 5. Kesimpulan

Dari pembahasan hasil penelitian di atas, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pengaruh variasi kadar air ( $w$ ) terhadap hubungan hambatan konus ( $q_c$ ), friksi ( $f_s$ ) dan rasio friksi ( $R_f$ ) pada tanah pasir hampir tidak nampak sedangkan pada tanah lanau semakin rendah kadar air semakin tinggi hambatan konus tetapi semakin rendah rasio friksi. Untuk pasir maupun lanau, semakin tinggi kepadatan kering semakin tinggi  $q_c$  maupun  $R_f$ .
- 2) Berdasarkan karakteristik hubungan antara  $w$ ,  $\gamma_d$ ,  $q_c$  dan  $R_f$  yang berbeda pada masing-masing jenis tanah, data parameter hasil uji dapat dipakai untuk membuat interpretasi tentang jenis dan kondisi tanah.
- 3) Dengan bantuan grafik hubungan antara  $\gamma_d$  dengan  $q_c$  dan hubungan antara  $R_f$  dengan  $q_c$ ,

memudahkan untuk melakukan interpretasi tentang jenis tanah.

- 4) Data penelitian ini masih terbatas pada dua jenis tanah di kota Palu, sehingga perlu penelitian lanjutan untuk jenis tanah dan lokasi yang lain.

## 6. Daftar Pustaka

- Bontong, B, 2009, "Pengaruh Kepadatan dan Kadar Air terhadap Hambatan Penetrasi Sondir pada Tanah Lanau (Studi Kasus: Lanau di Tondo, Kota Palu)", Mektek, Mei 2009
- Bowles, J.E, 1997, "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill, Fourth Edition.
- Brouwer, J.J.M, 2002, "Guide To Cone Penetration Testing On Shore And Near Shore", Lankelma CPT Ltd., First Edition.
- Das, B.M, 1995, "Principles of Foundation Engineering", PWS-Kent, Third Edition.
- Hendarsin S.L., 2003, "Penuntun Praktis Investigasi Rekayasa Geoteknik untuk Perencanaan Bangunan Teknik Sipil", Politeknik Negeri Bandung, Cetakan Pertama.